インテリジェントビルのパワーサプライシステム

Power Supply Systems for Intelligent Building

近年,高度情報化の進展に伴って,インテリジェントビルの需要が増大している。一方,停電事故による社会への影響もますます広範囲かつ大きくなっていることは日常報じられているとおりである。

このような状況下にあって、インテリジェントビルでの電力供給設備、すなわちパワーサプライシステムの責務は、高品質の電力を高信頼性のもとに安定供給することである。それと同時に、ユーザーのニーズに速やかに対応できるフレキシビリティも要求される。

本稿では上述のニーズを更に具体的に展開するとともにそれらに対する日立 製作所としての対応策について、システム計画面及び個々の機器の面からその 一端を紹介する。 斎藤 博* Hiroshi Saitô
大鋸英五** Eigo Ôga
三島宣雄*** Nobuo Mishima
塩入盛雄* Morio Shioiri

1 緒 言

オフィス内の生産性向上、居住性の向上及びビジネスの国際化に伴う情報の重要性と業務処理量の増大に伴い、高度な情報通信システム、ビルオートメーション及びセキュリティシステムを設けた24時間稼動のインテリジェントビルの建設が増えている。

またこのたび、建設省でも政府系金融機関の融資を行う高度情報化建築物(インテリジェントビル)整備事業融資推薦運用指針を設け、インテリジェントビルの建設を促進している。

このようなインテリジェントビルに対する電力供給,すなわちパワーサプライシステムは,高信頼性(無停電),高品質(電圧変動,電圧ひずみが小さい)及びフレキシビリティ(拡張性)が強く要求されており,重要性が高まっている。

本稿では、インテリジェントビルのパワーサプライシステムの特徴と対応する技術,及び機器についてその一端を紹介する。

2 インテリジェントビルからみたパワーサプライシステムの特徴

インテリジェントビル用パワーサプライシステムは、従来のオフィス業務のあり方への反省や、ビジネスの国際化に伴うビル稼動へ対応したシステムとする必要があり、図1に示す考え方となる。すなわち、OA(Office Automation)機器の導入や24時間稼動を配慮し、安定供給、高信頼性、高品質電源の確保、拡張性やモダニゼーションを考慮したシステムである。

3 パワーサプライシステムの対応

インテリジェントビルでのパワーサプライシステムは,図1

の特徴に対応したシステムを構築する必要があり,高品質電源, 安定供給,高信頼性への対応については次のとおりである。

3.1 高品質の電力供給への対応

インテリジェントビルの主役であるコンピュータをはじめ とする情報処理機器の機能を阻害する要因と、対応設備の関 連を**表1**に示す。同表に示すとおり、高品質の電力供給を実 現するためには無停電CVCF(Constant Voltage and Constant Frequency: 定電圧定周波)と非常用発電機を設置すべ きである。

3.2 安定供給への対応

パワーサプライシステムの主要構成要素である受変電システム,非常用発電システム及びCVCFシステムは相互に密接に関連しており、安定供給のためには十分な協調がとれていなければならない。

3.2.1 高調波障害

系統に一定量以上の高調波が存在すると波形をひずませて、 情報処理機器ばかりでなく、系統に接続された電気機器に悪 影響を与え、進相コンデンサの過電流や蛍光灯のフリッカな どを発生させるおそれがある。更に、電力会社の系統との共 振や他需要家への影響、また買電停電時は発電機の局部過熱 など高調波トラブルに関する事前検討が重要である。

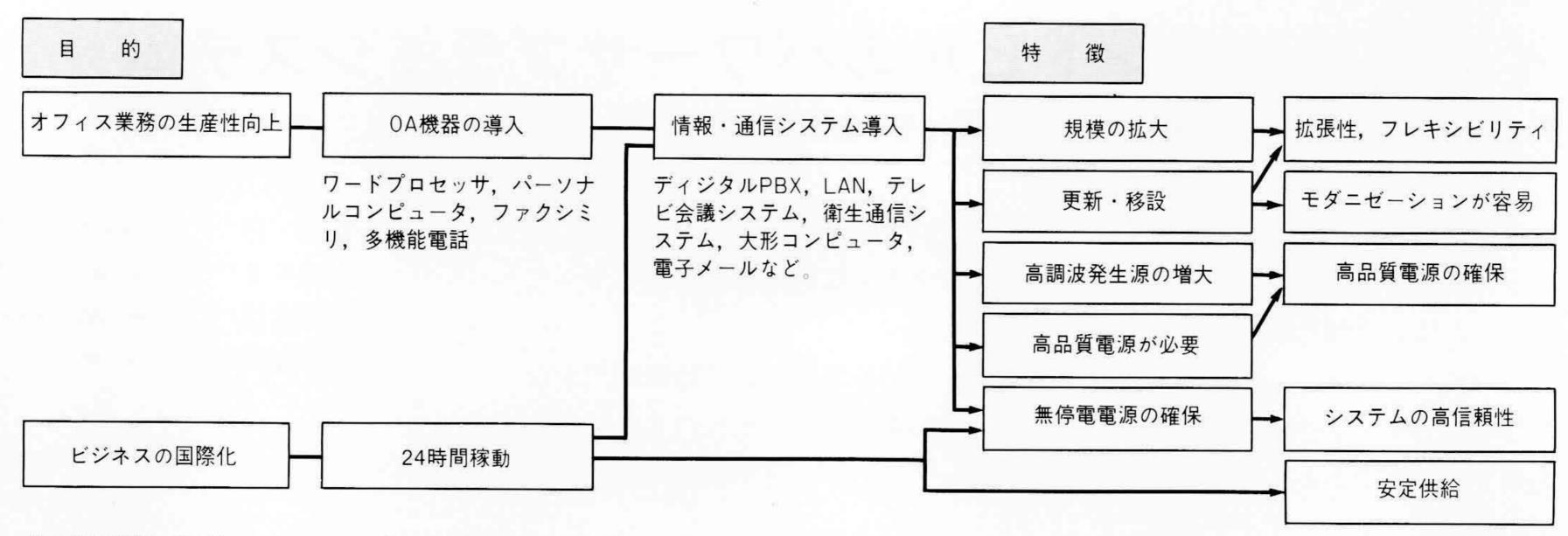
インテリジェントビルでの主な高調波発生源としては次のようなものがある。

(1) CVCF

CVCFは、蓄電池との組合せにより無停電化を図るため、整 流器により交流→直流変換を行っている。

(2) OA機器

最近のOA機器はコンパクト化のため、コンデンサ入力形の



注:略語説明 OA(Office Automation), PBX(Private Branch Exchange), LAN(Local Area Network)

図 | インテリジェントビルの特徴 特徴は、インテリジェントビル用パワーサプライシステムの必要条件を示す。

表 | 機能阻害要因と対応設備 コンピュータの機能を阻害する要因と,各種設備による対応可否及びそれによる改善効果を比較したものである。

		対応				
阻害要因		商用直接 供 給	定電圧 装置	CVCF	非常用 発電機	備考
面口亦	(定常)	\triangle	0	0	0	_
電圧変動	(瞬時)	×	X	0	X	-
周波数图	周波数変動		0*	0	X	
波形ひす	波形ひずみ		Δ	0	X	
ノイズ和	ノイズ移行		×	0	0	-
冷 壽	(短時間)	×	X	0	×	瞬時停電を含む
停電	(長時間)	×	×	×	0	-

注:略語説明など

CVCF(Constant Voltage and Constant Frequency)

- * (現状の国内電力系統の評価)
- (対応可又は改善効果あり。)
- △(対応可の場合もあり。)
- ×(対応不可又は改善効果なし。)

スイッチング電源を内蔵しており、多量の高調波を発生する。 (3) 空調機、エレベーター

省エネルギーのため、インバータ制御方式の普及が目覚ましい。

(4) 蛍光灯

比較的容量が小さいため目だたないが、最近ちらつき防止と効率向上のため、インバータを使用した高周波点灯が増加傾向にあり無視できない。

3.2.2 SSR現象

発電機から見てCVCFは、直流回路に大容量コンデンサを持った定電力の整流器負荷である。発電機の負荷に占めるCVCFの割合が大きい場合は、CVCF側の電気回路と発電機軸系の機械的ねじり振動との共振(SSR: Subsynchronous Resonance という。)を発生させ、系統を不安定にさせたり、最悪の場合は発電機軸の破損を招くこともある。

3.2.3 対応策

(1) 系統解析

高調波, SSRを含めた系統の安定性の解析手法としては,

表 2 解析手法の比較 系統の各種不安定現象を解析する手法と、解析の可能性をまとめたものである。

検討課題解析手法	(1) 電気系の共振	(2) 電気系+機械系の共振	(3) 定電力負荷の影響	(4) 空調, 進相コンデンサ の影響	(5) 整流現象
1.電気系等価回路によ る手計算	△ 概略計算ができる。	×	×	×	×
2.固有值解析法	0	△ タービン+発電機 を, 一体の質量とし ている。	×	× 考慮せず。	× (等価的に直流から 交流へ定数を換算)
3.アナログシミュレー タによるシミュレー ション*	△ 回路の抵抗分に下限 があり, 回路定数を 完全に模擬できない ケースがある。	△ 同左	0	0	0
4.EMTPによるシミュ レーション	0	0	0	0	0

注:略語説明など EMTP(Electro Magnetic Transient Program)

 \bigcirc (計算可能), \triangle (概略計算可能), \times (計算不能)

* 文献(昭和61年電気学会全国大会論文 No. 1023)のように発電機をディジタル計算機としたハイブリッド式もある。

表2に示すような手法がある。CVCFをはじめとするインバータ応用機器には整流器が存在するため、系統の安定性解析は整流現象を含めて可能なものでなければならない。日立製作所では多様なシステムに対して、応用範囲の広いEMTP (Electro Magnetic Transient Program)によるディジタルシミュレーション解析手法を確立している。この手法は、従来から日立製作所で直流送電系統やJT-60核融合装置の解析に使用した実績と、ガスタービン発電機とCVCFの実機組合せにより妥当性のあることが実証されたものである。

高調波解析を行ったインピーダンスマップの実例を図2に示す。また、EMTPによる解析とガスタービン発電機とCVCFの組合せによる実測結果の一例を図3に示す。

(2) 高調波対策

高調波対策はその発生源で抑制する方法と,系統側で対策 する方法がある。

CVCFでは12相整流などの多相化により抑制できる。ダイオード整流器方式(必然的に直流サイリスタスイッチ方式となる。)は、サイリスタ整流器方式に比べ高調波が少なくなる。日立製作所では高調波の影響が大きくなる大容量器は、直流サイリスタスイッチ方式を標準としている。

OA機器などについては、主として経済的な理由から機器自体での抑制は困難であり、系統側で対策することになる。系統での対策は受動形高調波フィルタによる方法が一般的であるが、能動形フィルタの開発もなされている。

図4に、EMTPによる高調波フィルタの仕様決定プロセスを示す。

(3) SSR対策

基本的にはEMTPによる事前解析に基づき,回路定数と機器仕様を決定するが,CVCF側での対策の一例としては,無制御のダイオード整流器による多相整流方式が高調波対策とと

もに有効である。

3.3 システムの高信頼化への対応

高信頼性を得るに当たって、図5に示す内容を十分検討し、 最適なシステム構成を適用する必要がある。受電方式の供給 信頼性の比較は、表3に示すように20kV・30kV受電ではスポットネットワーク受電、60kV・70kV受電ではループ受電方式 が優れている。

CVCFのシステム別供給信頼性を表4に示す。

3.4 予防保全

予防保全は、受変電システム、非常用自家発電システム、 CVCFシステムとも重要であるが、ここでは商用受電が停電と なった場合、確実に始動しなければならない重要な責務を持 っている非常用自家発電システムの場合について以下に紹介 する。

3.4.1 システム概要

図6の予防保全システム概要に示すとおり,ディーゼル機関,発電機の運転状況の監視を行っている。

3.4.2 故障診断

故障診断は、表5に示すように、システムの待機中、運転中のデータを取り込んで行う。故障及び異常データが発生すれば中央監視室に設置する監視装置のCRT(Cathode Ray Tube)に表示し、タイプライタに印字するとともに、メンテナンス上の処理事項を示す。また、日報・月報として印字させることも可能である。

4 パワーサプライシステム機器

パワーサプライシステムの代表機器を簡単に紹介する。

(1) 新形ガス絶縁開閉装置

60kV・70kV受変電システムの受電部は設置スペースが小さく,信頼性が高いSF₆ガス絶縁開閉装置が一般的となっている。

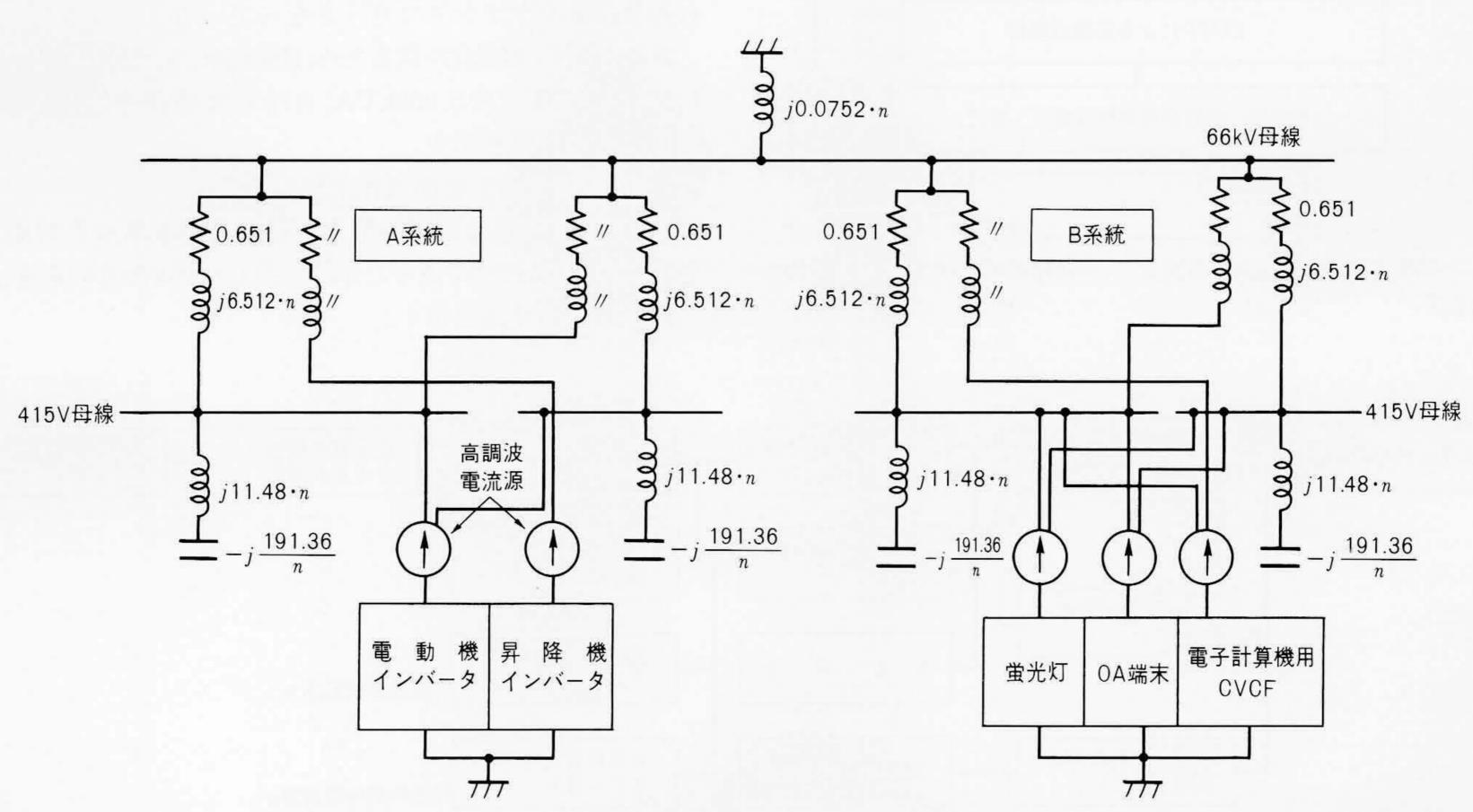
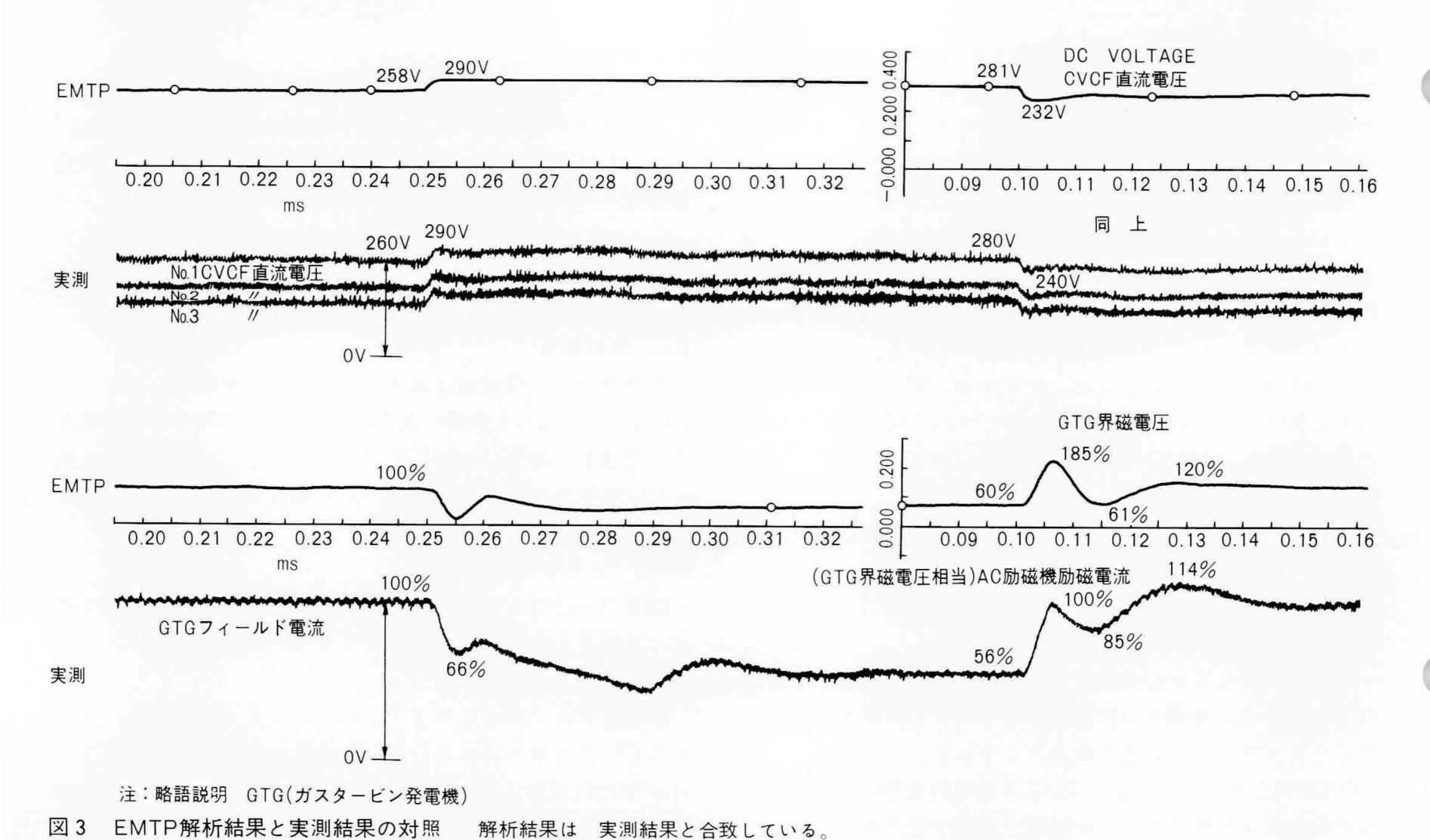


図2 インピーダンスマップの例 インピーダンスを高周波次数nごとに変換し、高調波電流の分布状況から各点の電圧ひずみを計算する。



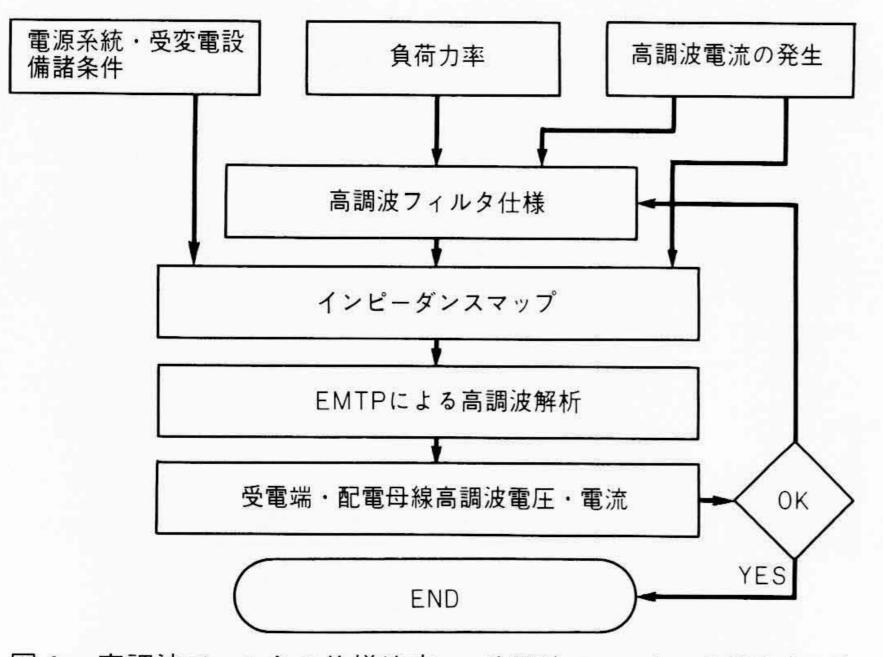


図 4 高調波フィルタの仕様決定 高調波フィルタの仕様決定の流れを示す。

このたび従来のタンク形で、据付面積、重量とも大幅に縮小された新形ガス絶縁開閉装置が完成した。

図7に従来形との対比を示す。

(2) SF₆ガス絶縁変圧器

防災用変圧器として油入変圧器に代わり、 SF_6 ガス絶縁変圧器が $20kV \cdot 30kV$ 、 $60kV \cdot 70kV$ 電圧に採用されてきている。60kV、10MVAまで完全自冷式が可能で、省エネルギー効果もあり、メンテナンスフリーとなっている。

また,小形・軽量化を図るため,H種絶縁とした66kV/3.3kV,4,000kVA(風冷時6,000kVA)自冷式変圧器を製品化した。図8にその外観を示す。

(3) 20kA壁密着形前面操作閉鎖配電盤

6 kV級真空遮断器収納閉鎖配電盤での壁密着形前面操作 形は、12.5kAだけであったが、このたび20kA用を開発した。 図 9 にその寸法を示す。

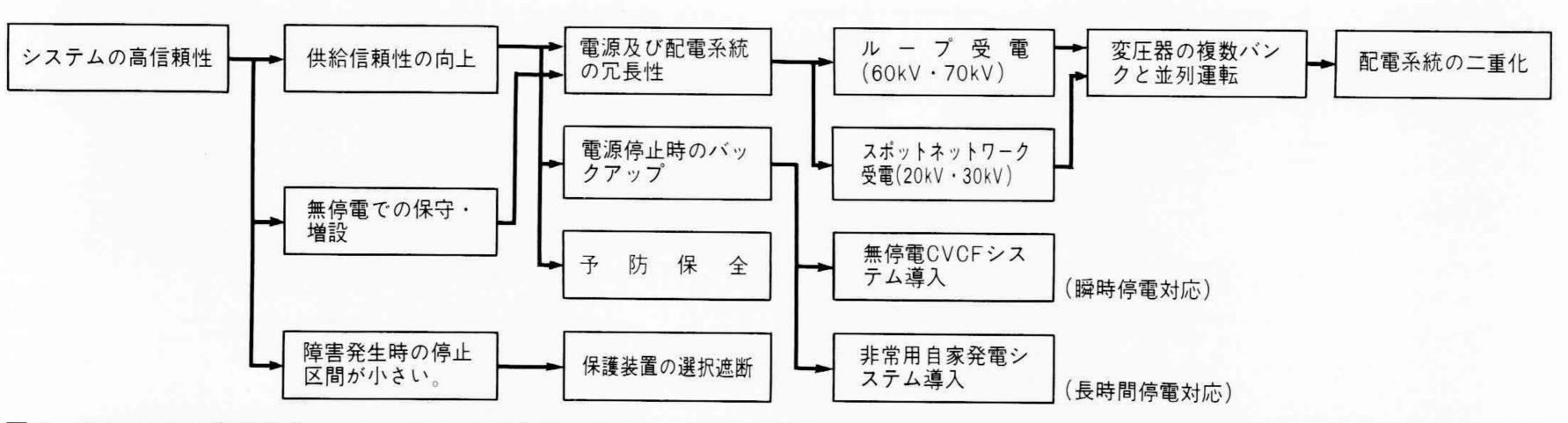


図 5 システムの高信頼化 システムの高信頼化を図るための手法を示す。

受電電圧区分		5 C C A		20kV · 30kV			
安	を電で	电压区分	1回線受電	常用予備2回線受電	ループ受電	スポットネットワーク受電	
単線接続図		接続図	DS CB CB TR	DS CB CB MOF LDS TR CB CB CB	DS DS CB	TR TR TR Pro F. Pro F. Pro F. MOF MOF MOF CB CB	
*	特記事項		電力会社の供給線路が停止あるいは受電遮断器が故障すると,復旧まで長時間停電となり,高い信頼度を得ることは不可能である。	常時, 受電の供給線路が停止 した場合でも, 予備線に切り 換えて受電を続けることがで きるが, 切換えの間停電とな る。 変圧器が故障したときは, 受 電容量が制限されたり, 停電 となる。	1回線のケーブル故障では、 停電することはないが、二重 事故に対しては全停電となる。 変圧器が故障したときは、受 電容量が制限されたり、停電 となる。	二重事故のような重大事故が	
		ケーブル	X	Δ	0	0	
故障	重	受電遮断器	×	Δ	0		
12	事故	事 変 圧 器 ▲		A	A	0	
対す		二次遮断器	Δ	Δ	Δ	0	
るけ	_	ケーブル	×	×	×		
供給の	重	受電遮断器	×	×	. ×		
の 信 頼	事故	変 圧 器	X	X	×		
頼 性		二次遮断器	X	X	X		
	N	MOFの事故	×	×	×	0	
備考		考	┃ なったときを想定した。 ┃ ケーブルと変圧器, ケーブル	f, その他の機器については異な と受電遮断器などの組合せで発生 器の組合せなどの場合に▲となる てよい。	‡する二重事故に対しても、同		

注:略語説明など

DS(断路器), CB(遮断器), MOF(取引用変成器), LDS(負荷断路器), TR(変圧器), Pro F.(プロテクターヒューズ)

×(停電し,故障箇所の復旧なしには復電しない。),▲(瞬時停電後,停電は回復するが,負荷制限を要する。),△(瞬時停電後,停電は回復する。)

●(停電しないが,負荷制限を要する。),○(全く停電しない。)

表 4 CVCFのシステム別供給信頼性 CVCFの供給信頼性は、システムによって異なる。本表は運転形態とCVCF障害時のバイパス方式によって分類したものである。

CVCF運転形態		単 機		並列	冗長	二重化システム	備考	
,	バイパス方式	簡易方式 無瞬断方式		簡易方式 無瞬断方式		簡易,無瞬断両方式可		
	回路構成	CVCF	CVCF	CVCF	CVCF	A群 CVCF B群 CVCF	すべて蓄電池付き を基本とする。	
無照	CVCF故障時	××	0	0	0	0		
瞬断供	過電流発生時	××	0	Δ	0	0	: :	
断供給	共通部障害時	××	××	×	△ (内容による)	0		
扎	広 張 性	Δ	Δ	0	0	0	当初の計画に依存 する要素がある。	
į	重用の自由度	×	×	×	×	0		
供給信頼性		Δ	0	0	0	©	; ;	
1	呆 守 性	Δ	0	0	0	©		

注:記号説明 ××(不可), ×(可), △(良), ○(優), ○(更に優), ◎(極めて優)

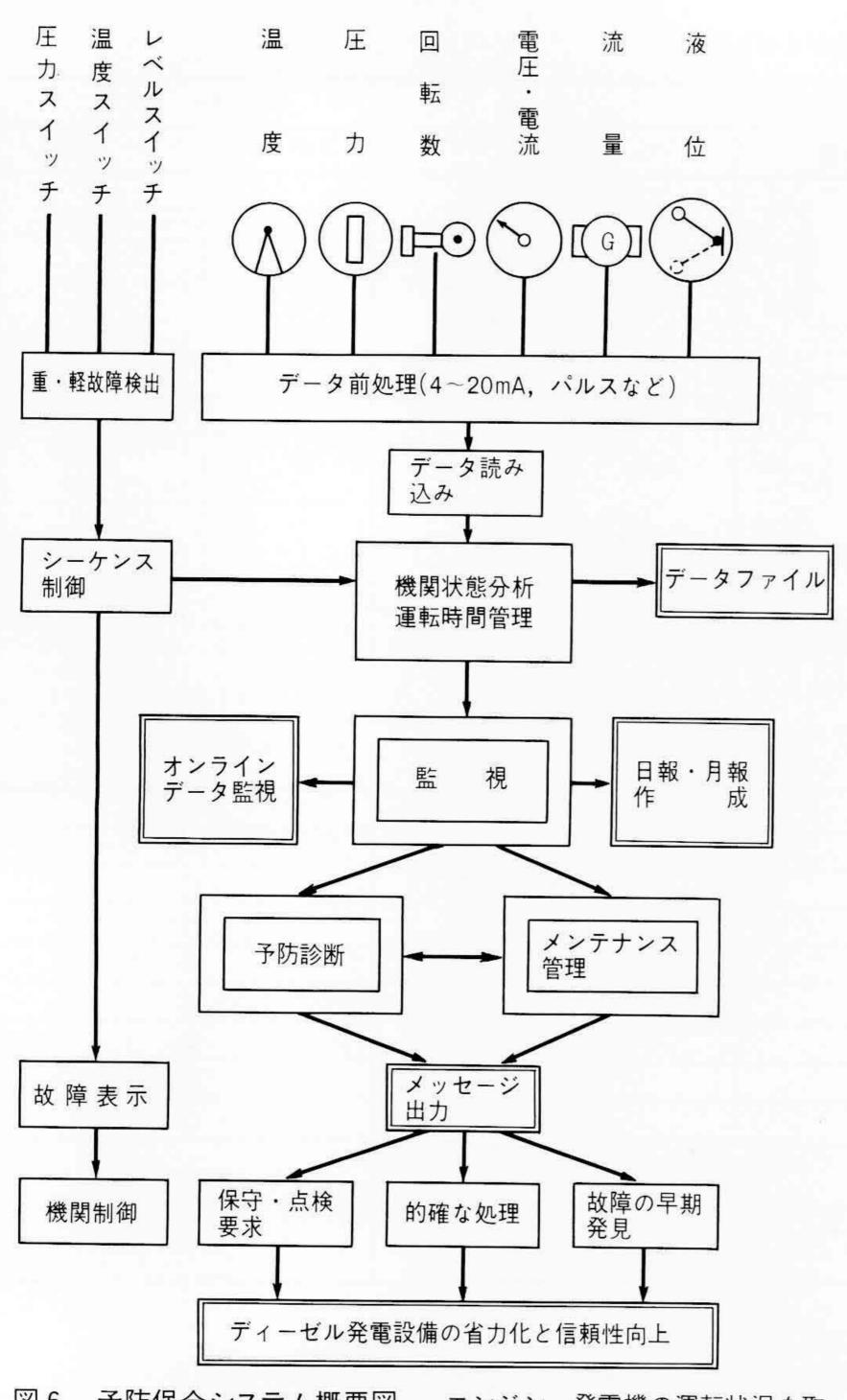


図 6 予防保全システム概要図 エンジン,発電機の運転状況を取り込み,異常の有無を監視する。

表 5 故障診断項目 ディーゼル発電設備やエンジンの各系統ごとに、故障診断の内容をまとめたものである。

No.	系 統	内	容	待期中	運転中
Ĩ	ディーゼル発電設備	ディーゼル発電記 特性データを判別 備の運転状態を記	定して,発電設	_	0
2	始動空気系統	空気槽圧力や空気 状態を判定して, がディーゼル機関 満たしていること	始動空気系統 関の始動条件を	0	
3	燃料系統	燃料槽などの液位 ンプの運転状態を 料系統が待期状態 診断する。	を判定して, 燃	0	
		燃料消費量, 圧力 圧などを判定して 運転状態を診断す	て, 燃料系統の	=	0
4	冷却水系統	一次,二次冷却な や各循環ポンプな を判定して,冷却 状態であることを	などの運転状態 即水系統が待期	0	
		一次, 二次冷却水 差圧などを判定し 統の運転状態を記	て, 冷却水系		0
5	海点: 4. 元· 4. 大	潤滑油槽などの浴 定して, 潤滑油系 であることを診断	系統が待期状態	0	
5	潤滑油系統	潤滑油の温度, 月 差圧などを判定し 統の運転状態を診	て、潤滑油系	=	0
6	発電機系統	発電機の界磁電流電力,力率,周流 巻線温度などを半 機系統の運転状態	数,回転数, 川定して,発電		0
7	制御盤	シーケンスの一部 圧確立まで)を行い 診断する。			0

(4) CVCF

(a) はん(汎)用コンピュータを主体とする大容量オンラインシステム用

信頼性に重点をおいた電源として、並列冗長方式のCVCF設備が適している。HIVERTER-850シリーズのCVCFはこれに最適であり、単機容量75~500kVAまでを複数台組み合わせることにより数千キロボルトアンペアまでの構成が可能である。また、将来増設に対する自由度も大きい。

保守に関しても1台ずつ停止又は直送回路に切り換える ことによって、システムの運用中でも可能である。

(b) ミニコンピュータ, オフィスコンピュータを中心とするシステム用

比較的小規模で限定された範囲で運用されるシステムで、 重要性の点でやや低い用途に使用される。HIVERTER-851 シリーズのCVCFはこれに適した機種で、5~50kVAの容 量をカバーできる。CVCF装置に故障が発生しても、直送回 路による無瞬断バックアップ可能な商用待機冗長方式とす ることによって、並列冗長方式並みの信頼度を経済的に実 現できる。もちろん、無停電保守も可能である。

(c) OA端末機, パーソナルコンピュータ, モデムなどの小 システム用

端末機器、パーソナルコンピュータといえども一つのシステムとして機能しており、重要性で無視することはできない。また、モデムは外部との情報受渡し窓口として重要な存在である。

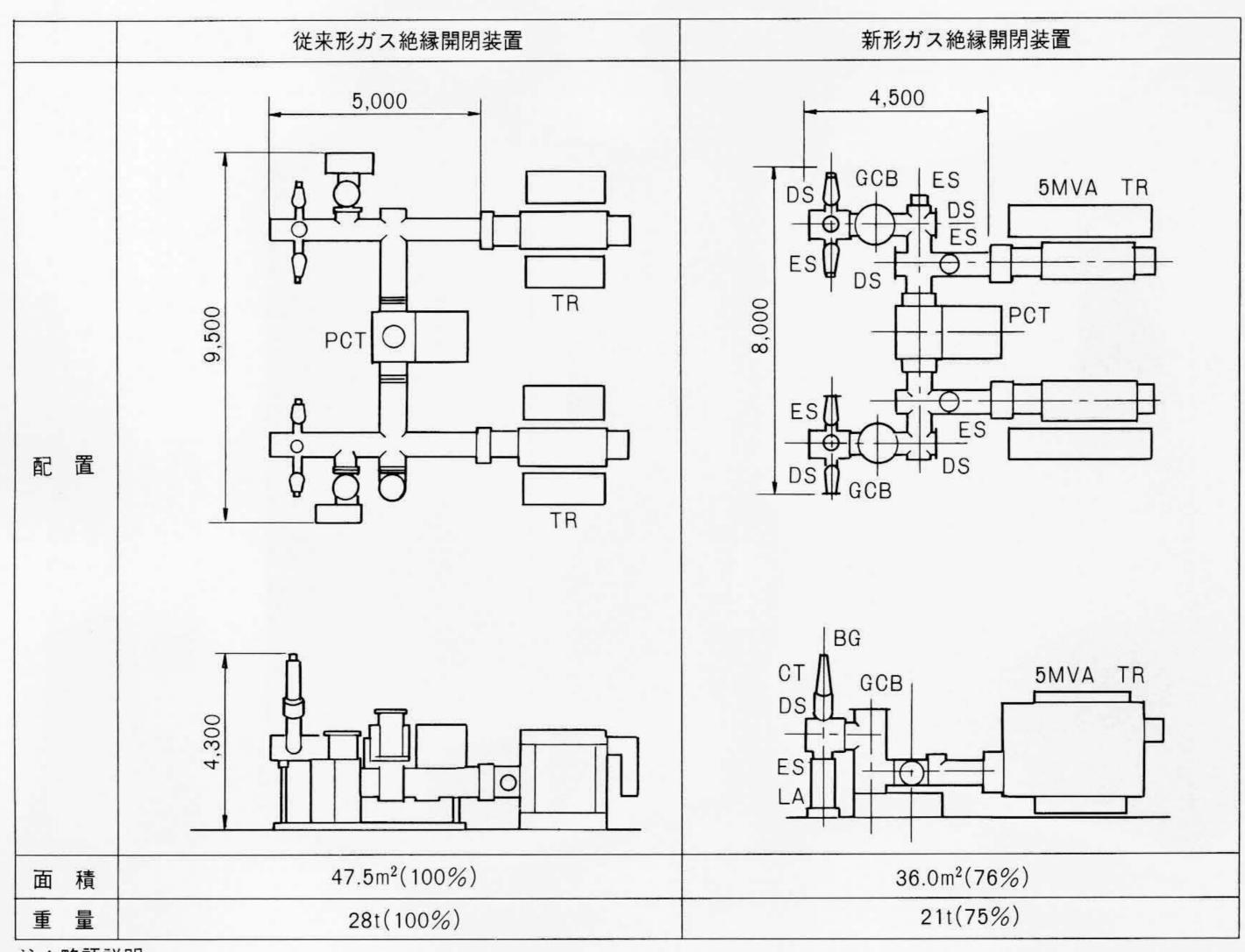
これらのシステムは、ごく限られた範囲で機能していることが多く、相互に独立しているため電源も一対一の対応によって運用の自由度と万一の障害時の影響範囲を限定することが望ましい。HIVERTER-88シリーズのCVCFは、このような用途に最適な機種であり、1~3kVAをカバーする。

このCVCFは端末機などに特有のせん頭電流に対して十分 な余力を持った回路方式と制御方式を採用している。

以上、各シリーズのCVCFの外観を図10に示す。

5 結 言

パワーサプライシステムは、インテリジェントビルの機能



注:略語説明

ES(アーススイッチ), GCB(SF6ガス遮断器), PCT(取引用計器用変成器), BG(ブッシング), LA(避雷器), CT(変流器)

図7 ガス絶縁開閉装置の新旧比較 新ガス絶縁開閉装置のほうが,面積・重量共約25%縮小されている。

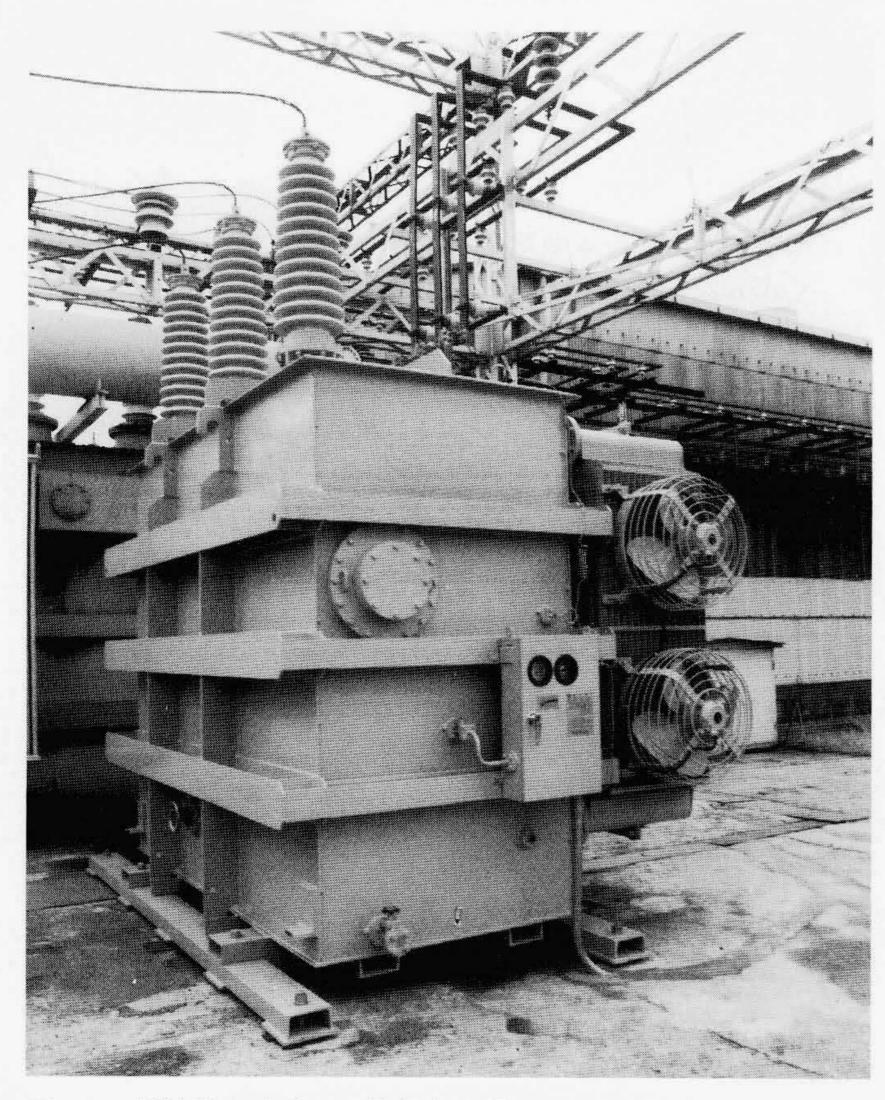
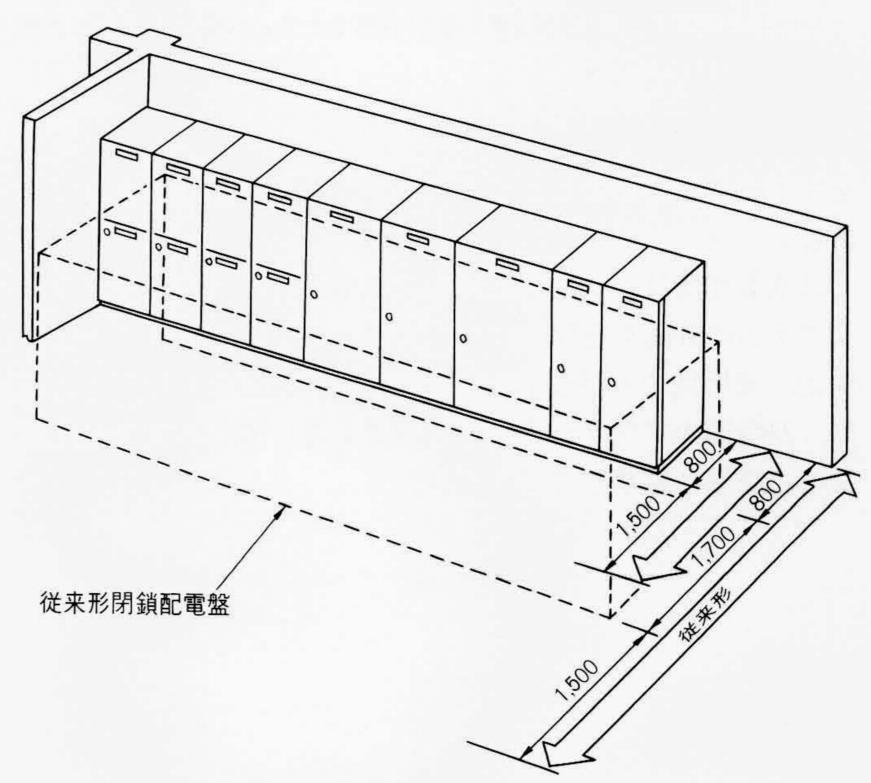


図 8 H種絶縁自冷式ガス絶縁変圧器 写真は屋外設置式のものであるが、H種絶縁の採用により小形・大容量の自冷式変圧器としてビル用受変電設備に最適である。



No.	定格	遮断電流(kA) 7.2・3.6			定格電流	盤外形寸法(mm) (真空遮断器収納盤)			
		12.5	20	25	(A)	幅	奥行	高さ	
1	F2級 1,200A以下	0	0	0	600 ~ 1,200	900	800	2,300	
2	F2級 2,000A	0	0	0	2,000	900	1,000	2,300	

図 9 20kA壁密着形前面操作閉鎖配電盤 奥行が800mm(F 2 級 1,200A)であり、従来盤よりも設置スペースを大幅に縮小できる。

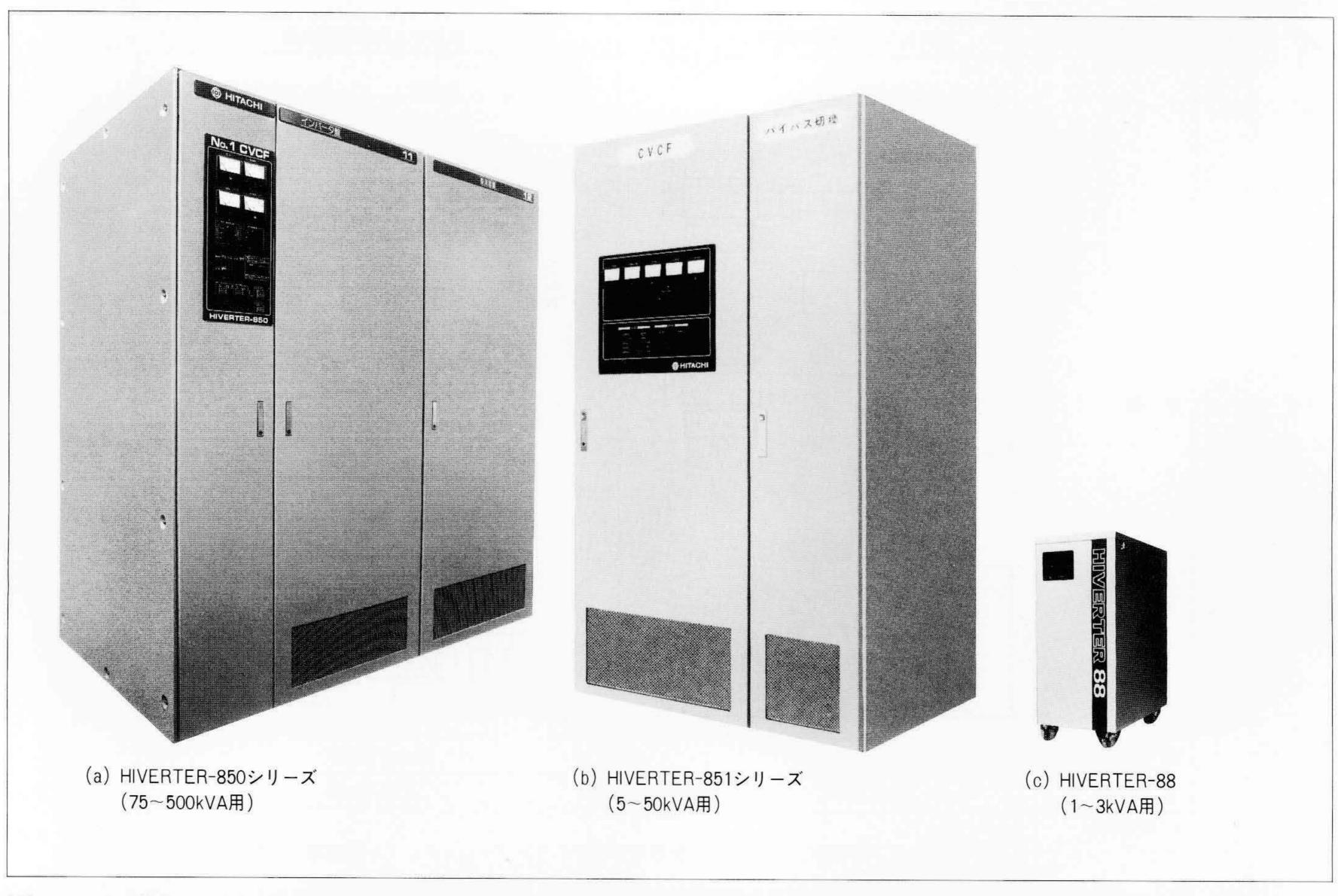


図10 CVCF外観 (a) 大規模オンラインシステム用に適した機種で、並列冗長運転、単機待機冗長運転などのあらゆる運転形態に対応できるものである。(b) ミニコンピュータ、オフィスコンピュータなどの中小規模のシステムに適した機種で単機運転専用形である。(c) OA機器などの小システム専用の機種で、特別な据付工事が不要でオフィス内にも自由に設置できる。

をサポートするものとしてその重要性がますます高まりつつある。

日立製作所は、システム技術力を生かしたパワーサプライシステムの計画を合理的に行う各種エンジニアリング手法に加え、使用目的・要求条件に最適な機器の開発を行うとともに、24時間のアフターサービス体制を通して、高度情報化社会への発展に寄与してゆきたい。

参考文献

- 1) 雨谷:汎用過渡現象解析プログラムEMTP, 電気学会誌, Vol.102, No.6, 23(昭57)
- 2) 配電線高調波対策専門委員会:配電系統の高調波障害防止対 策,電気協同研究会,第37巻,第3号(昭56-10)
- 3) インテリジェントビル, 社団法人日本電設工業協会(昭61)
- 4) 高度情報化建築物(インテリジェント・ビル)整備事業融資推薦 基準,建設省住宅局建築指導課,都市局都市政策課(昭62)